

Invenția se referă la construcția de mașini, în special la procedee de reglare a jocului axial în angrenajul conic.

Se cunoaște un procedeu de reglare a jocului axial, care include calcularea valorii compensării erorii și determinarea numărului treptelor unui compensator, format dintr-un inel auxiliar cu cel puțin trei trepte și dintr-un inel de bază, pe partea frontală a căruia se formează cel puțin trei suprafețe de așezare cu trepte, totodată, din lanțurile dimensionale se determină valoarea jocului de compensare, numărul de trepte a compensatorilor și dimensiunile lor. Apoi, la asamblare, se măsoară jocul axial, se culege dimensiunea garniturilor de compensare și se instalează în elementul de închidere a lanțului [1].

Dezavantajul acestui procedeu este manopera ridicată a asamblării, din cauza complexității culegerii complectului necesar de inele ale compensatorului, precum și complexitatea executării acestor inele, deoarece sunt de o grosime foarte mică (sub 0,1 mm). Totodată acest procedeu nu poate fi utilizat în angrenajul conic.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este majorarea preciziei de reglare a jocului axial în angrenajul conic, precum și micșorarea cheltuielilor la asamblarea suprafețelor frontale ale nodurilor de mașini care conțin angrenaje conice.

Procedeu de reglare a jocului axial în angrenajul conic, conform invenției, înlătură dezavantajul menționat mai sus prin aceea că include calcularea valorii compensării erorii și determinarea numărului treptelor unui compensator, format dintr-un inel auxiliar cu cel puțin trei trepte și dintr-un inel de bază, pe partea frontală a căruia se formează cel puțin trei suprafețe de așezare cu trepte. În inelul de bază se execută canale axiale, în care se amplasează șuruburi de fixare, iar în inelul auxiliar se execută găuri axiale pentru trecerea lor. Din lanțul dimensional al compensatorului, care se formează din sectoare de majorare – distanța dintre treptele inelului auxiliar și partea frontală a corpului lui, din sectoare de micșorare – distanța dintre inelul de bază și fundul locașului inelului auxiliar, și dintr-un element de închidere ( $A_{\Delta}$ ) – jocul dintre corpul angrenajului conic și suprafața frontală a inelului de bază, prin metoda interschimbabilității totale, se determină valoarea abaterii de sus și de jos a jocului funcțional și jocul dintre capacul și corpul angrenajului conic. Se rotește un inel față de altul până la coinciderea lățimii compensatorului cu valoarea jocului de compensare, după care se fixează compensatorul în poziția necesară.

Reglarea jocului axial în angrenajul conic se poate realiza cu un compensator suplimentar cu trepte mai mici decât treptele compensatorului.

Rezultatul tehnic al invenției constă în micșorarea cheltuielilor cu asamblarea nodurilor de mașini care conțin angrenaje conice și majorarea preciziei de reglare a jocului axial.

Invenția se explică prin desenele din fig. 1-12, care reprezintă:

- fig. 1, reductorul (angrenajul conic) cu un compensator în secțiune;
- fig. 2, lanțul dimensional al reductorului cu un compensator;
- fig. 3, lanțul dimensional al compensatorului pentru asigurarea jocului funcțional;
- fig. 4, schema cu treptele compensatorului (exemplu);
- fig. 5, reductorul cu două compensatoare în secțiune;
- fig. 6, lanțurile dimensionale ale reductorului cu două compensatoare;
- fig. 7, lanțurile dimensionale ale compensatoarelor pentru asigurarea jocului funcțional;
- fig. 8, scheme cu treptele compensatoarelor (exemplu);
- fig. 9, schema compensatorului în secțiune;
- fig. 10, schema compensatorului suplimentar în secțiune;
- fig. 11, subansamblul din dreapta a reductorului;
- fig. 12, subansamblul din stânga a reductorului.

Reductorul (angrenajul conic) include carcasa 1 cu capacul 2 (fig. 1), compensatorul pentru reglarea jocului axial, format din inelul auxiliar 3 cu cel puțin trei trepte și din inelul de bază 4, pe partea frontală a căruia se formează cel puțin trei suprafețe de așezare cu trepte. Reductorul mai conține arborele conducător 5, roata dințată fixă 6, satelitul 7 cu coroanele 8 și 9, care împreună cu compensatorul și capacul 1, formează subansamblul din stânga (fig. 12), și roata dințată mobilă 10, arborele condus 11, rulmentul 12, bucșa 13, rulmentul 14 și capacul 15, care împreună cu carcasa 1, formează subansamblul din dreapta (fig. 11). Pentru reglarea jocului axial cu o precizie mai înaltă, în reductor se amplasează un compensator suplimentar cu trepte mai mici, format din inelul auxiliar 16 cu cel puțin șase trepte și din inelul de bază 17, pe partea frontală a căruia se formează cel puțin șase suprafețe de așezare cu trepte. În inelul 4 și 17 se execută canale axiale (fig. 9, 10), în care se amplasează șuruburile de fixare, iar în inelul 3 și 16 se execută găuri axiale pentru trecerea acestor șuruburi.

Procedeu include calcularea valorii compensării erorii și determinarea numărului treptelor compensatorului (fig. 4).

Din lanțul dimensional al compensatorului (fig. 3), care se formează din sectoarele de majorare – distanța dintre treptele inelului 3 și partea frontală a corpului lui, din sectoarele de micșorare – distanța dintre inelul 4 și fundul locașului inelului 3, și dintr-un element de închidere  $A_{\Delta}$  – jocul dintre corpul 1 angrenajului conic și suprafața frontală a inelului 4, prin metoda interschimbabilității totale, se determină valoarea abaterii de sus și de jos a jocului funcțional  $J_f$  și jocul dintre capacul 2 și corpul 1 ale angrenajului conic. Se rotește un inel față de altul până la coinciderea lățimii compensatorului cu valoarea jocului de compensare  $A^{comp}$ , după care se fixează compensatorul în poziția necesară. Aceste etape se repetă și pentru compensatorul suplimentar cu inelele 16 și 17 (fig. 5, 7 și 8).

De regulă, reductorul (angrenajul conic) înainte de asamblarea finală formează subansamblurile din dreapta (fig. 11) și din stânga (fig. 12). Asamblarea se execută prin introducerea părții din stânga în cea din dreapta. La asamblarea acestor două părți prin mișcarea în direcția axială a părții din stânga se asigură centrarea rulmentului din dreapta a

arborelui conducător 5 în locașul cilindric al arborelui condus 11, deplasarea în direcția axială se finalizează când roata 10 a intrat în contact cu coroana 9 a satelitului 7, totodată este necesar de a centra carcasa 1 cu capacul 2 în timpul deplasării axiale a părții din stânga cu cea din dreapta. În final este necesar de a regla jocul dintre coroana 9 și roata 10.

Realizarea procedurii se va examina după exemplul reductorului precesional din fig. 1-4.

Din lanțul dimensional al reductorului cu compensator (fig. 2), prin metoda interschimbabilității totale, se determină valoarea elementului de închidere:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^n TA_i ,$$

unde,  $A_{\Delta}$  este valoarea elementului de închidere;

T – numărul valorilor intermediare;

$A_i$  – valoarea elementelor intermediare.

Funcționarea corectă a reductorului se realizează în condițiile unui joc sumar funcțional  $J_f$  în ambele cuple de angrenare. Din lanțul dimensional al compensatorului (fig. 3) urmează să fie compensat jocul de compensare maxim posibil:

$$k = A_{\max}^{comp} = A_{\Delta} - J_f ,$$

unde,  $k$  și  $A_{\max}^{comp}$  este jocul de compensare maxim posibil.

Compensarea în cazurile construcțiilor concrete ale reductorului se face la jocul de compensare  $A^{comp}$  prin selectarea treptelor inelului 3 al compensatorului (fig. 1).

Jocul de compensare maxim  $A_{\max}^{comp}$  se divizează pe treptele compensatorului cu valoarea (înălțimea) treptelor  $\Delta k$  în numărul de trepte  $m$  (fig. 4).

Pentru a evita compensarea exagerată și apariția străngerii în cuplele angrenajului, valoarea  $\Delta k$  nu trebuie să depășească valoarea jocului funcțional  $J_f$ , adică  $\Delta k \leq J_f$ . Valoarea  $\Delta k$  depinde de cerințele față de intervalul de valori al jocului funcțional  $J_f$  și determină și variația jocului funcțional  $J_f$ , datorită caracterului discretizat al compensării în limitele unei trepte de compensare.

Numărul calculat de trepte:

$$m_c = \frac{A_{\max}^{comp}}{\Delta k} - 1 ,$$

deoarece compensarea se face utilizând și corpul inelului de bază 4, adică treapta “zero”, în formulă se scade o unitate, adică minus 1.

Numărul întreg de trepte  $m$  se obține prin rotunjirea spre numărul întreg mai mare (pentru a asigura  $\Delta k \leq J_f$ ).

$$\text{Valoarea calculată a unei trepte: } \Delta k_c = \frac{A_{\max}^{comp}}{m + 1} .$$

Numărul treptei TR la care se face compensarea este partea întreagă a numărului calculat al treptei:

$$TR_c = \frac{A_{\max}^{comp} - J_f}{\Delta k_c} .$$

$$\text{Jocul funcțional după compensare: } J_{fc} = A_{\max}^{comp} - TR_c \cdot \Delta k_c .$$

$$\text{Abaterea jocului funcțional: } \Delta J_f = J_{fc} - J_f .$$

$$\text{Jocul maxim posibil: } J_{f \max} = J_f + \Delta k .$$

Exemplu

Valoarea sumară a jocului funcțional în ambele cuple de angrenare:

$$J_f = 0,1 \text{ mm}, A_{\Delta} = \sum_{i=1}^n TA_i = 0,78 \text{ mm}, A_{\max}^{comp} = 0,78 - 0,1 = 0,68 \text{ mm},$$

adoptăm varianta:  $\Delta k = J_f = 0,1 \text{ mm}$ .

Numărul de trepte al compensatorului  $m = 6$ , adică partea întreagă a numărului calculat de trepte:

$$m_c = \frac{A_{\max}^{comp}}{\Delta k} - 1 = \frac{0,68}{0,1} - 1 = 5,8 .$$

Rezultatele calculelor sunt date în tabelul 1, suplimentar și pentru cazul  $\Delta k = 0,07 \text{ mm}$ .

Tabelul 1

$J_{fc} = 0,1 \text{ mm} \quad \Delta k = 0,1 \text{ mm}$					$J_{fc} = 0,1 \text{ mm} \quad \Delta k = 0,07 \text{ mm}$				
Joc compensat	Treapta de compensare		Jocul funcțional		Joc compensat	Treapta de compensare		Jocul funcțional	
	Calc.	Adopt.	Val.	Abat.		Calc.	Adopt.	Val.	Abat.
$A^{comp}$	$TR_c$	$TR$	$J_{fc}$	$\Delta J_f$	$A^{comp}$	$TR_c$	$TR$	$J_{fc}$	$\Delta J_f$
0,1	0	0	0,1	0	0,1	0,00	0	0,1	0
0,11	0,1	0	0,11	0,01	0,11	0,14	0	0,11	0,01
0,19	0,9	0	0,19	0,09	0,19	1,29	1	0,12	0,02
0,2	1	1	0,1	0	0,2	1,43	1	0,13	0,03
0,21	1,1	1	0,11	0,01	0,21	1,57	1	0,14	0,04
0,29	1,9	1	0,19	0,09	0,29	2,71	2	0,15	0,05
0,3	2	2	0,1	0	0,3	2,86	2	0,16	0,06
0,31	2,1	2	0,11	0,01	0,31	3,00	3	0,1	0
0,39	2,9	2	0,19	0,09	0,39	4,14	4	0,11	0,01
0,4	3	3	0,1	0	0,4	4,29	4	0,12	0,02
0,41	3,1	3	0,11	0,01	0,41	4,43	4	0,13	0,03
0,49	3,9	3	0,19	0,09	0,49	5,57	5	0,14	0,04
0,5	4	4	0,1	0	0,5	5,71	5	0,15	0,05
0,51	4,1	4	0,11	0,01	0,51	5,86	5	0,16	0,06
0,59	4,9	4	0,19	0,09	0,59	7,00	7	0,1	0
0,6	5	5	0,1	0	0,6	7,14	7	0,11	0,01
0,61	5,1	5	0,11	0,01	0,61	7,29	7	0,12	0,02
0,68	5,8	6	0,18	0,08	0,68	8,29	8	0,12	0,02

Schema treptelor compensatorului executate la treapta de precizie IT9 este prezentată în fig. 4.

În cazul reductoarelor precesionale, mai ales cu două cuple de angrenare, numărul elementelor în lanțul dimensional al reductoarelor este mare, astfel încât valoarea totală a elementului de închidere  $A_{\Delta} = \sum_{i=1}^n TA_i$  și jocul de

compensare maxim  $A_{\max}^{comp}$  ajung la valori de câțiva milimetri. În consecință, numărul de trepte  $m$  de compensare devine foarte mare. Numărul de trepte  $m$  de compensare devine mare și în cazul când cerințele față de precizia jocului funcțional sunt înalte, adică  $\Delta k < J_f$ .

Este oportună utilizarea compensatorului suplimentar, adică un compensator la trepte majore, iar altul la trepte mici ce depind de valoarea jocului funcțional (fig. 5). Lanțurile dimensionale ale reductorului pentru cazul cu două compensatoare sunt prezentate în fig. 6.

Realizarea procedurii se va examina pentru exemplul reductorului precesional din fig. 5-8.

Admitem, de exemplu, că  $A_{\Delta} = \sum_{i=1}^n TA_i = 3,4 \text{ mm}$ .

Din lanțul dimensional al compensatorului suplimentar (fig. 7b), prin metoda interschimbabilității totale, se determină valoarea prealabilă a jocului maxim necompensat:

$$J_{\max}^{Ncomp} = m_2 \cdot \Delta k_2 + J_{f \max} = m_2 \cdot \Delta k_2 + (J_f + \Delta k_2) = (m_2 + 1) \cdot \Delta k_2 + J_f,$$

unde,  $J_{\max}^{Ncomp}$  este valoarea prealabilă a jocului maxim necompensat,

pentru diferite valori ale numărului de trepte al compensatorului suplimentar  $m_2$  și pentru valoarea treptelor compensatorului suplimentar  $\Delta k_2 < J_f$ .

Valoarea  $\Delta k_2$  fiind exprimată prin  $J_f$ :

$$r = \frac{\Delta k_2}{J_f},$$

unde,  $r$  este raportul dintre valoarea (înălțimea) treptelor compensatorului suplimentar  $\Delta k_2$  și valoarea jocului funcțional  $J_f$ ,

$$\text{atunci } J_{\max}^{Ncomp} = (m_2 + 1) \cdot \Delta k_2 + J_f = J_f \cdot [(r \cdot (m_2 + 1) + 1)].$$

## Exemplu

Tabelul 2

$r = 1$		$r = 0,7$	
$m_2$	$J_{\max}^{Ncomp}$	$m_2$	$J_{\max}^{Ncomp}$
4	0,6	4	0,45
5	0,7	5	0,52
6	0,8	6	0,59
7	0,9	7	0,66
8	1	8	0,73
9	1,1	9	0,8
10	1,2	10	0,87

Se selectează una din variantele plauzibile obținute, de exemplu:

$$m_2 = 7, J_{\max}^{Ncomp} = 0,66 \text{ pentru } r = 0,7.$$

Din lanțul dimensional al compensatorului (fig. 7a) se determină valoarea treptelor compensatorului  $\Delta k_1$  și numărul de trepte al compensatorului  $m_1$ , ținând cont de faptul că:

$$J_{\max}^{Ncomp} = 2 \cdot \Delta k_1; m_1 \cdot \Delta k_1 + J_{\max}^{Ncomp} = A_{\Delta}; (m_1 + 2) \cdot \Delta k_1 = A_{\Delta},$$

$$\Delta k_1 = \frac{J_{\max}^{Ncomp}}{2} = 0,33, \text{ iar } m_1 = \frac{A_{\Delta}}{\Delta k_1} - 2 = \frac{3,4}{0,33} - 2 = 8,3.$$

Se adoptă  $m_1 = 9$  și se recalculează valorile  $\Delta k_1 = \frac{3,4}{9+2} = 0,31, J_{\max}^{Ncomp} = 2 \cdot 0,31 = 0,62.$

Se recalculează valoarea jocului funcțional asigurat de compensatorul suplimentar:

$$J_f = \frac{J_{\max}^{Ncomp}}{[(r \cdot (m_2 + 1) + 1)]} = \frac{0,62}{0,7 \cdot (7 + 1) + 1} = \frac{0,62}{6,6} = 0,094.$$

Jocul asigurat este practic egal cu cel cerut:  $0,094 \approx 0,1.$

Pentru fiecare compensator se determină, în funcție de jocul de compensare, treptele de compensare, jocurile necompensate și abaterile jocurilor (vezi tabelul 1).

Dacă soluția tehnică nu este acceptabilă, se recurge la o altă iterație, operând cu numerele de trepte.